

157



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

EP 0 148 687  
A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 84402637.7  
(22) Date de dépôt: 18.12.84

(51) Int. Cl.4: H 01 L 31/02, H 01 L 27/14

(30) Priorité: 27.12.83 FR 8320842

(71) Demandeur: THOMSON-CSF, 173, Boulevard Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

(43) Date de publication de la demande: 17.07.85  
Bulletin 85/29

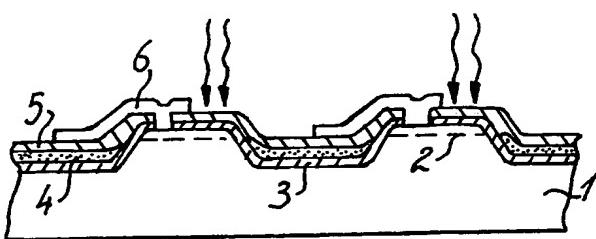
(72) Inventeur: Henry, Yves, THOMSON CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)  
Inventeur: Nicollet, André, THOMSON CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)  
Inventeur: Reboul, Jean-Philippe, THOMSON CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)  
Inventeur: Villard, Michel, THOMSON CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

(84) Etats contractants désignés: DE GB SE

(74) Mandataire: Mayeux, Michèle, THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

(54) Dispositif photosensible comportant entre les détecteurs des zones opaques au rayonnement à déetecter, et procédé de fabrication.

(57) La surface du substrat (1) sur lequel sont réalisés les détecteurs du dispositif photosensible est recouverte des trois couches suivants. Une première couche (3) d'oxyde anodique recouvre toute la surface du substrat et assure une parfaite stabilisation des jonctions photo-voltaïques. La deuxième couche (4) est en métal opaque au rayonnement à déetecter. Par photolithogravure, on ne la conserve que sur les zones que l'on veut rendre opaques au rayonnement à déetecter. Enfin, une troisième couche (5) en matériau diélectrique recouvre toute la surface.



A1

EP 0 148 687

1

DISPOSITIF PHOTOSENSIBLE COMPORTANT ENTRE LES  
DÉTECTEURS DES ZONES OPAQUES AU RAYONNEMENT À DÉTECTER,  
ET PROCÉDÉ DE FABRICATION

La présente invention concerne un dispositif photosensible comportant entre les détecteurs des zones opaques au rayonnement à déetecter. Elle concerne également un procédé de fabrication d'un tel dispositif.

5 Les détecteurs dont il est question sont généralement des photo-diodes ou des photo-MOS, intégrés sur un même substrat semi-conducteur.

10 Comme cela a été expliqué dans la demande de brevet français n° 79.21903, du 31 Août 1979 au nom de THOMSON-CSF, qui a été publiée sous le n° 2.464.563, dans certaines applications, on est conduit à diminuer les dimensions des détecteurs. Il arrive alors que l'on constate "un effet de bord", c'est-à-dire que la zone sur laquelle le rayonnement reçu par un détecteur produit ses effets devienne sensiblement supérieure à la surface du détecteur, ce qui limite la dimension minimale que l'on peut consacrer à chaque détecteur.

15 Cet "effet de bord" se manifeste notamment dans les substrats semi-conducteurs sensibles au rayonnement infra-rouge. Il s'agit soit de matériaux binaires tels que l'antimoniure d'indium, In Sb, le tellure de plomb, Pb Te ..., soit de matériaux ternaires tels que le tellurure de mercure et de cadmium, Cd Hg Te ou le tellurure d'étain et de plomb, Pb Sn Te. On observe cet "effet de bord" d'une façon plus générale lorsqu'on utilise un substrat semi-conducteur à haute mobilité ; c'est ainsi le cas par exemple des semi-conducteurs, constitués de composés des familles III et V, tels que l'arséniure de gallium, As Ga, ou le phosphure d'indium, P In.

20 Pour combattre cet "effet de bord", tout en conservant aux détecteurs de faibles dimensions, diverses solutions ont été utilisées dans l'art antérieur pour créer entre les détecteurs des zones opaques au rayonnement à déetecter.

Dans la demande de brevet français n° 2.464.563 déjà citée, on utilise comme masque pour réaliser ces zones opaques, la résine photosensible - référence 3 sur les figures 1 et 2 de ce brevet-servant à délimiter les zones réservées aux photo-diodes mésa. Cette solution présente les inconvénients suivants :

- la géométrie des zones recouvertes de résine photosensible détermine impérativement les dimensions des zones opaques et celles des détecteurs ;

10 - on dépose une couche mince 5, opaque au rayonnement, par exemple par évaporation . Il peut s'agir d'une couche d'isolant, mais ce dépôt fait que l'isolant est chargé électriquement et que les jonctions photo-voltaïques des détecteurs ne sont pas stabilisées électriquement au maximum ;

15 - comme le dépôt des couches opaques au rayonnement se fait par auto-indexation sur les zones recouvertes de résine photosensible, il est impossible de cacher les bords des jonctions. Les détecteurs présentent donc une sensibilité accrue sur les bords des jonctions, ce qui est un inconvénient.

20 Une autre solution connue de l'art antérieur est de réaliser des électrodes dites de champ.

25 Dans ce cas, on réalise des jonctions dans le substrat semi-conducteur que l'on recouvre d'oxyde. Par des fenêtres percées à travers l'oxyde, on dépose des électrodes en contact avec le substrat. Ces électrodes sont soumises à un potentiel et en même temps leur géométrie détermine celle des zones opaques au rayonnement séparant les détecteurs.

L'inconvénient de cette solution, ce sont les risques de claquage de l'oxyde, qui est intercalé entre le substrat semi-conducteur et l'électrode de champ qui sont portés à des potentiels différents.

30 La présente invention concerne un dispositif photosensible comportant entre les détecteurs des zones opaques au rayonnement qui supprime les inconvénients, des solutions connues de l'art antérieur.

La présente invention concerne un dispositif photosensible

comportant des détecteurs intégrés sur un même substrat semi-conducteur avec, entre les détecteurs, des zones opaques au rayonnement à déetecter, caractérisé en ce que la surface du substrat est recouverte des trois couches suivantes ;

5 - une première couche d'oxyde anodique qui recouvre toute la surface du substrat ;

- une deuxième couche, constituée par au moins une couche de métal opaque au rayonnement à déetecter, qui ne recouvre que lesdites zones opaques au rayonnement ;

10 - une troisième couche en matériau diélectrique recouvrant toute la surface.

Le dispositif selon l'invention n'est pas obtenu par auto-indexation comme c'est le cas pour le dispositif du brevet n° 2.464.563. L'invention permet de faire varier sans difficulté la 15 surface des détecteurs photosensibles.

L'utilisation d'une première couche d'oxyde anodique recouvrant tout le substrat semi-conducteur permet une stabilisation parfaite des jonctions photo-voltaïques. Cela tient aux qualités propres aux oxydes anodiques ; en particulier, il suffit d'une couche d'oxyde de faible épaisseur, d'environ 100 à 600 Å par exemple, pour 20 obtenir ces résultats.

Dans le dispositif selon l'invention, on peut sans difficulté recouvrir les bords des jonctions, car la première couche isolante s'étend sur tout le substrat et la deuxième couche, opaque au rayonnement à déetecter, est gravée par photo-lithogravure, ce qui 25 permet de choisir librement les zones où l'on désire conserver cette deuxième couche.

Dans le dispositif selon l'invention, il n'y a pas de risque de claquage de la première couche isolante car la deuxième couche métallique ne reçoit pas de tension et se trouve recouverte par une 30 couche isolante.

Enfin, un avantage du dispositif selon l'invention est que les zones opaques au rayonnement présentent une surface isolante que l'on peut utiliser sans risque de court-circuit pour le passage de

diverses connexions.

Dans un exemple d'utilisation bien déterminé, le dispositif selon l'invention permet de rapprocher deux photodiodes à 50 microns l'une de l'autre sans trop de problème d'intermodulation, 5 alors que dans l'art antérieur il faut au moins 100 microns. Ces chiffres correspondent à l'exemple d'un substrat semi-conducteur en antimoniure d'indium, de type N, placé à 77 degrés Kelvin, comprenant  $5 \cdot 10^{15}$  porteurs de charges majoritaires par centimètre cube, pour lequel la durée de vie des trous est d'environ  $2 \cdot 10^{-7}$  secondes, 10 leur mobilité est d'environ  $4000 \text{ cm}^2$  par Volt et par seconde, ce qui correspond à un coefficient de diffusion d'environ  $26 \text{ cm}^2$  par seconde et à une longueur de diffusion  $L_p$  d'environ 23 microns. On admet dans cet exemple une loi de décroissance du signal en fonction de la distance  $x$  au point d'absorption d'un photon de la 15 forme :  $I = I_0 \cdot e^{-x/L_p}$ . A une distance de 60 microns du bord d'une jonction, le signal est encore égal à 0,07.  $I_0$ ; le dispositif selon l'invention permet donc de rapprocher deux photodiodes à 50 microns l'une de l'autre sans problème.

Le même exemple pour un substrat d'antimoniure d'indium de 20 type P montre qu'à une distance de 60 microns du bord d'une jonction, le signal est pratiquement nul. Le dispositif selon l'invention permet dans ce cas de rapprocher deux photo-diodes de 15 microns l'une de l'autre environ.

Le dispositif selon l'invention permet donc d'augmenter la 25 résolution par rapprochement des détecteurs, tout en limitant le couplage optique entre les détecteurs.

D'autres objets, et caractéristiques et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les figures 1a à e et 2a à e qui représentent diverses étapes d'un procédé de fabrication d'un mode de réalisation 30 d'un dispositif selon l'invention, dans le cas d'une structure mésa sur les figures 1a à e et dans le cas d'une structure planar sur les figures 2a à e.

Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les

mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté, les cotes et proportions de divers éléments ne sont pas respectées.

Sur les figures 1a à e, on a représenté diverses étapes d'un procédé de fabrication d'un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

On réalise sur un substrat semi-conducteur 1 des jonctions photo-voltaïques 2, de type N/P ou P/N, représentées symboliquement sur la figure 1a par des pointillés.

Sur la figure 1a, on a représenté des diodes du type mésa.

On fait croître un oxyde par oxydation anodique sur toute la surface du substrat - voir figure 1b. Cette première couche d'oxyde porte la référence 3. Son épaisseur est d'environ 100 à 600 Å. La croissance de l'oxyde anodique se fait, par exemple, par électrolyse. Dans le cas d'un substrat semi-conducteur en antimoniure d'indium, on peut par exemple plonger le substrat dans une solution de potasse dont il constitue l'anode, alors que comme cathode, on utilise par exemple un fil de platine. L'oxyde obtenue est riche en oxydes d'indium. Il faut remarquer que l'analyse du produit obtenu révèle que le dépôt d'oxyde a été effectué par oxydation anodique. En particulier, l'oxyde d'indium déposé par évaporation est conducteur alors que l'oxyde d'indium anodique est un très bon diélectrique.

On dépose ensuite sur la première couche d'oxyde anodique 3 une deuxième couche 4 opaque au rayonnement à détecter - voir figure 1c.

Dans le cas d'un rayonnement visible cette deuxième couche n'est pas obligatoirement métallique. Un corps tel que le penta-séléniure d'arsenic,  $\text{As}_2\text{Se}_5$ , est opaque au rayonnement visible.

Dans le cas d'un rayonnement infra-rouge, il faut que la deuxième couche soit métallique, elle peut être par exemple en or ou en aluminium.

En fait, on a constaté que le dépôt d'une couche d'or sur la couche d'oxyde anodique n'est pas entièrement satisfaisant car l'or "n'accroche" pas très bien sur l'oxyde. On peut utiliser une deuxième couche 4, constituée par la superposition d'au moins une première et

une deuxième couches métalliques élémentaires. La première couche métallique élémentaire est constituée d'un métal assurant un bon contact, un bon "accrochage", avec la couche d'oxyde anodique et avec la deuxième couche métallique élémentaire. On peut utiliser un métal de la famille du chrome, du titane, du nickel ou du molybdène... par exemple. Ces métaux sont transparents à l'infra-rouge, ce qui justifie l'utilisation d'une deuxième couche élémentaire en or, ou en aluminium par exemple, si l'on veut détecter un rayonnement infra-rouge.

La deuxième couche 4 opaque au rayonnement à détecter peut être constituée par la superposition de plusieurs couches élémentaires.

Cette deuxième couche 4 est gravée par photo-lithogravure par exemple, pour ne recouvrir que les zones que l'on souhaite rendre opaques au rayonnement à détecter.

On voit sur la figure 1c le résultat de cette gravure.

On peut ne laisser subsister la couche 4 qu'entre les détecteurs. On peut aussi la laisser s'étendre sur une partie des détecteurs.

Cette deuxième couche a une épaisseur d'environ 1000 à 6000 Å par exemple. Elle peut être déposée par exemple par évaporation sous vide ou pulvérisation cathodique.

Sur cette deuxième couche 4, on dépose une troisième couche 5 - voir figure 1d - en matériau diélectrique, qui recouvre toute la surface. Il peut s'agir d'un isolant organique ou non, par exemple de la résine photosensible négative ou du monoxyde de silicium, Si O.

Cette dernière couche peut être déposée par exemple par évaporation sous vide, pulvérisation cathodique, dépôt ionique, induction au trempé, centrifugation...

Son épaisseur peut être par exemple de l'ordre du micron.

Sur la figure 1e, on montre que l'on peut réaliser des connexions métalliques 6 en contact avec les jonctions 2 par des fenêtres traversant les première, et troisième couches. Ces connexions 6 sont disposées sur la troisième couche 5. On peut utiliser

des connexions en métal opaque au rayonnement à détecter et qui modifient donc la géométrie des zones photosensibles.

Les figures 2a à e ne diffèrent des figures 1a à e que parce qu'elles montrent des diodes à structure planar.

5

Il est bien entendu que l'invention s'applique quelle que soit la structure planar ou mésa des détecteurs.

REVENTICATIONS

1. Dispositif photosensible comportant des détecteurs intégrés sur un même substrat semi-conducteur (1), avec entre les détecteurs, des zones opaques au rayonnement à détecter, caractérisé en ce que la surface du substrat est recouverte des trois couches suivantes ;

5 - une première couche (3) d'oxyde anodique qui recouvre toute la surface du substrat ;

10 - une deuxième couche (4), constituée par au moins une couche de métal opaque au rayonnement à détecter, qui ne recouvre que lesdites zones opaques au rayonnement ;

15 - une troisième couche (5) en matériau diélectrique recouvrant toute la surface.

2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le métal opaque au rayonnement à détecter est de l'or ou de l'aluminium.

15 3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la deuxième couche (4) est constituée par la superposition d'au moins une première et une deuxième couches métalliques élémentaires, la première couche élémentaire en métal assurant un bon contact d'une part avec l'oxyde anodique et d'autre part avec la deuxième couche élémentaire, en métal opaque au rayonnement à détecter.

20 4. Dispositif selon la revendication 3 caractérisé en ce que le métal assurant un bon contact est de la famille du chrome, du titane, du nickel ou du molybdène.

25 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la troisième couche (5) est en résine photosensible négative ou en monoxyde de silicium.

30 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le substrat semi-conducteur (1) est un matériau sensible à l'infra-rouge tel que l'antimoniure d'indium, ou le tellurure de plomb et d'étain ... ou est constitué d'un composé des groupes III et V tel

que l'arséniure de gallium ou le phosphure d'indium...

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la couche d'oxyde anodique (3) a une épaisseur d'environ 100 à 600 Å, la deuxième couche (4) a une épaisseur d'environ 1000 à 6000 Å et la troisième couche (5) à une épaisseur de l'ordre du micron.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte des connexions métalliques (6) en contact avec le substrat par une fenêtre réalisée à travers la première, et la troisième couches, situées sur la troisième couche (5) et opaques au rayonnement à détecter.

9. Procédé de fabrication d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- a) on réalise des jonctions (2) sur le substrat semi-conducteur (1) ;
- b) on fait croître un oxyde (3) à la surface du substrat par oxydation anodique ;
- c) on dépose au moins une couche métallique (4) opaque au rayonnement à détecter ;
- d) on grave cette couche pour qu'elle ne recouvre que lesdites zones opaques au rayonnement à détecter ;
- e) on dépose une couche de matériau diélectrique (5) sur toute la surface.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le dépôt (4) de l'étape c est réalisé par évaporation sous vide ou pulvérisation cathodique.

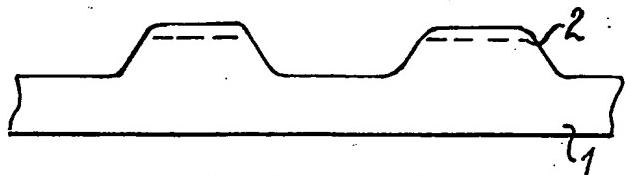
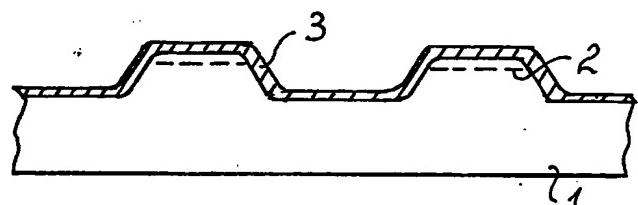
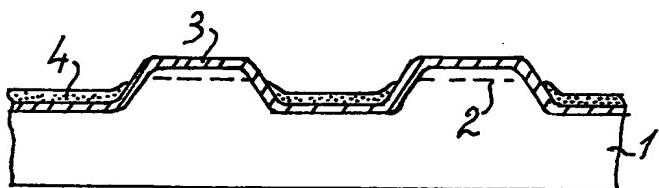
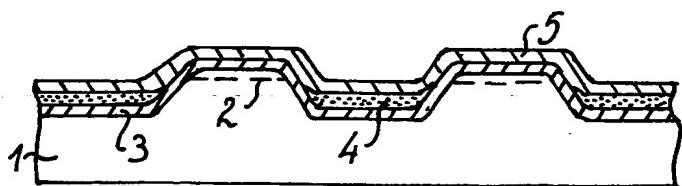
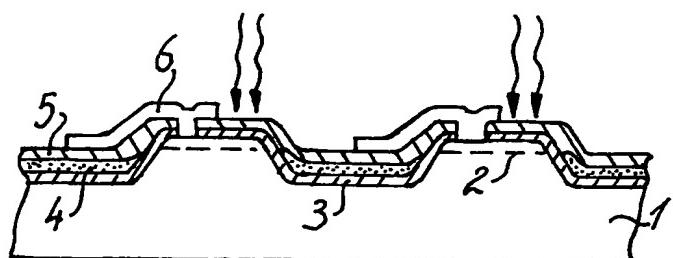
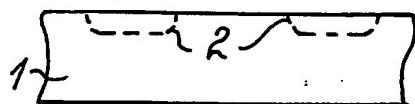
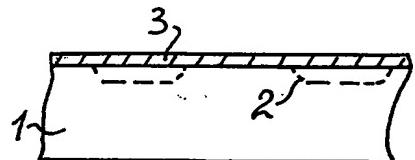
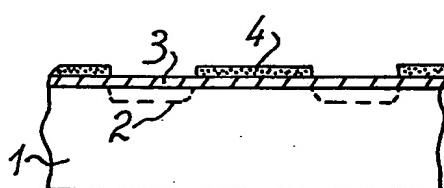
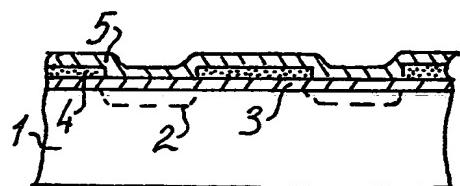
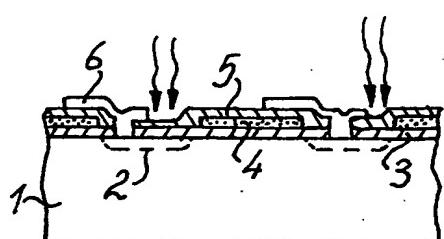
11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10 caractérisé en ce que lors de l'étape c on dépose au moins une première et une deuxième couches métalliques élémentaires, la première couche élémentaire étant en métal assurant un bon contact d'une part avec l'oxyde anodique et d'autre part avec la deuxième couche élémentaire, en métal opaque au rayonnement à détecter.

12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé

en ce que lors de l'étape d, la couche métallique (4) est gravée par photo-lithogravure.

13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que le dépôt de l'étape (e) est réalisé par évaporation sous vide, pulvérisation cathodique, dépôt ionique, enduction au trempé ou centrifugation.

1/1

**FIG\_1-a****FIG\_1-b****FIG\_1-c****FIG\_1-d****FIG\_1-e****FIG\_2-a****FIG\_2-b****FIG\_2-c****FIG\_2-d****FIG\_2-e**

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0148687

Numéro de la demande

EP 84 40 2637

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
Y	US-A-3 577 175 (N.I. GRI et al.) * En entier * ---	1-6,8- 11,13	H 01 L 31/02 H 01 L 27/14
Y	PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 151 (E-124)[1029], 11 août 1982; & JP - A - 57 73 970 (SUWA SEIKOSHA K.K.) 08-05-1982 * Abrégé * ---	1,2,9, 12	
Y	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 19, no. 11, avril 1977, pages 4101-4102, New York, US; J.D. TOMPKINS: "Solid-state optical scanner" * En entier * ---	1-4,9, 11	
A	EP-A-0 024 970 (THOMSON-CSF) * En entier * ---	1,6,8, 9,13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	US-A-4 355 456 (G.L. HARNAGEL et al.) * Colonne 3, ligne 55 - colonne 7, ligne 4; revendications 1,2; figures 1-5,7,8 * -----	1-4,7- 13	H 01 L
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 14-03-1985	Examinateur VISENTIN A.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
A : arrière-plan technologique		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	